

HD 560

Arkivert.

DEN NORSKE INGENIØRFORENING
BEDRIFTSLEGEFORENINGEN
NORSK FORENING FOR VARME-, VENTILASJON-
OG SANITÆRTEKNIKK

INDUSTRIELL HYGIENE

Løsningsmiddelproblemer i arbeidslivet

Foreleser:
Sjefkjemiker, dr. philos.
Karl Wülfert
Yrkeshygienisk Institutt

LØSNINGSMIDDELPROBLEMER I ARBEIDSLIVET

EN KORT OVERSIKT

Ordet "løsningsmiddel" fremkaller idag som oftest en bestemt idéassosiasjon: væsker som etter sin kjemiske natur regnes til den "organiske kjemi", kjennetegnet ved sin spesifikke evne til å kunne løse oljer, fett, vokser, plaststoffer, kunstharpikser, malinger og lakker samt hele den substanskompleks som oftest ganske enkelt kalles for "skitt". Denne assosiasjon er forståelig nok på bakgrunn av de siste 20 års industrielle utvikling på løsningsmiddel-sektoren - men den er ikke korrekt. Ved en rekke arbeidsprosesser er man nødt til å bruke stoffer som etter sin kjemiske natur må betegnes som "anorganiske kjemikalier". Som eksempel nevnes de s.k. "mineralsyrer" (saltsyre, fluss-syre, salpetersyre, svovelsyre) samt "alkaliene" (etskali, etsnatron). Dertil kommer karbonatene (soda, pottaske), fosfater, silikater og kalium - samt natriumcyanid. Disse anorganiske løse- og rensemidler var tidligere nærmest enerådende og spiller fremdeles en meget stor rolle ved industrielle prosesser.

"Organiske løsemidler" ble første gang tatt i bruk i industrien i stor utstrekning under 1. verdenskrig: Rustningsindustriens enorme serieproduksjoner av våpen, biler, fly, motorer o.s.v. ville ha vært utenkelig uten bruk av "løsemidler". Ved omstillingen til fredsproduksjonen øket anvendelsen av løsemidler ytterligere, og denne utvikling fortsatte gjennom mellomkrigsårene. Under annen verdenskrig ble endog selve løsemiddelproduksjonen en høyprioritert gren av rustningsindustrien. Det var perioder hvor utilstrekkelig tilgang av løsemidler resp. løsemiddelblandinger truet med å bli en "flaskehals" i reparasjons- og overhalingsverkstedene for tunge motorer til tanks og kampfly m.m. Dertil kom det stadig økende løsemiddelbehov innenfor rammen av plastproduksjon og plastforarbeidende industrigrener som var tilknyttet rustningsindustrien, og som representerte en ikke helt ubetydelig del av rustningspotensialet ! - Akkurat som etter 1. verdenskrig viste seg også nu en lang rekke "krigsprodukter" å være fullt konkurransedyktig i fredstid. Det er nok å henvise til den dominerende rolle som kunstharpikser, plastlimer og plaststoffer spiller idag i industri, håndverk og dagliglivet. Denne utvikling ville være utenkelig

innenfor løsemiddelsektoren.

Hverken de anorganiske eller organiske løsemidler er "ufarlige". Ved anvendelse av disse løsemidler må det tas de nødvendige sikrings-tiltak for å unngå helseskader under produksjonsprosessene.

Faremomentene ved bruk av mineralsyrene: saltsyre, fluss-syre, salpetersyre og svovelsyre har lenge vært kjent. Det samme gjelder for ets-alkaliene og etnatron, samt for soda, pottaske og silikatene. Både syrene og enkelte alkaliske stoffer virker sterkt etsende allerede på alminnelig hud og ved romtemperatur. På de fine slimhinnene (munn, nese, svelg, øyet) og i varm tilstand er virkningen enda verre. Det kreves arbeidshansker, passende arbeidsklær (og plastforkle), beskyttelsesbriller, helst ansiktsskjerm. De nevnte syrer kan - spesielt ved høyere temperaturer - utvikle sterkt irriterende gasser (såkalte "damper") og arbeidsplassen må ha effektive avsug (ventilation of the toxic point) samt mekanisk friskluft-tilførsel.

I en særklasse står fluss-syren p.g.a. sine dyptgående, meget smertefulle hudforetsinger og luftveisirritasjoner. Dertil kommer faren for fluorose (fluorforgiftning !).

Mens man ved bruk av mineralsyrene og ets/^{alkaliene} var klar over faremomentene p.g.a. et mangeårig og omfattende erfaringsmateriale, var den yrkeshygieniske viten om de "organiske løsemidler" henimot "null" da disse substanser ble tatt i bruk i stort omfang i første verdenskrig. Det er en kjensgjerning at det uhyggelig giftige "1,1,2,2 - tetrakloretan", som ble tatt i bruk i tysk rustnings-industri (flyfabrikker) uten tilstrekkelige sikringstiltak, har kostet mange menneskeliv dels på grunn av akutte forgiftninger, dels på grunn av kroniske organskader. Men ingen ante omkring 1915 at dette stoff var giftig. Idag har "1,1,2,2-tetrakloretan" en yrkeshygienisk grenseverdi på bare 5 ppm = 37 mg/m³ luft og det advares i listene for "Threshold Values" mot hudkontakt fordi substansen opptas tvers igjennom huden ! Samtidig henstilles i en rekke lærebøker vedr. yrkeshygiene til alle yrkeshygienikere om å få skiftet ut dette stoff med mindre farlige løsemidler. Såvidt meg bekjent har "1,1,2,2-tetrakloretan" aldri vært brukt på norske arbeidsplasser - i tilfelle Y.H.I. skulle komme over denne vare i norsk industri og håndverk, ville bruk av substansen enten bli direkte forbudt eller det ville bli krevet så omfattende sikrings-

tiltak at man antagelig av rent økonomiske grunner vil ta avstand fra å benytte "1,1,2,2-tetrakloretan". Det samme gjelder for karbontetraklorid. Det store og tildels meget dyrekjøpte erfaringsmateriale man i årenes løp har kunnet samle vedr. organiske løsemidlers egenskaper, tillater idag en noenlunde riktig vurdering av faremomentene slik at de nødvendige sikringstiltak kan anvises. Dette betyr ikke at man kan uttale seg om eventuelle helt nye løsemidlers fysiologiske egenskaper ved hjelp av analogislutninger fra "kjemisk beslektede" substanser. Man er henvist til inngående dyreforsøk hvis resultater siden - innen en viss utstrekning og med atskillig tilbakeholdenhet - kan settes i relasjon til den humane fysiologi og toksikologi. Hvorvidt den nye vitenskapsgren som kalles for molekulær-farmakologi, kan hjelpe til i denne situasjon, er foreløpig ikke klarlagt. Hittil har man i molekulær-farmakologien studert relasjonen mellom den molekylære struktur hos en rekke organiske stoffer og deres farmakologiske virkning, fortrinnsvis med tanke på psyko-farmakologisk virksomme substanser. I denne forskningsgren arbeides bl.a. med elektroniske datamaskiner som "mates" med en lang rekke fysikalsk-kjemiske tallverdier fra allerede kjente substanser med eksakt studerte virkninger for å komme frem til nye substanser med de ønskede virkninger.

Det vil fremdeles være nødvendig å utvise stor forsiktighet ved bruk av nye, d.v.s. tidligere ikke industrielt nyttede "løsemidler" - for å beskytte arbeidstagerne og arbeidsgiverne mot ubehagelige overraskelser. Selv de beste yrkeshygieniske grenseverdier er ingen absolutt garanti mot "påvirkninger" o.l. For oss som nå gjennom snart 20 år har hatt anledning til å følge med i det arbeide som, f.eks. den amerikanske grenseverdikomité utfører, har det vært ganske beklemmende å være vitne til de til dels sterke reduksjoner som gjentatte ganger måtte foretas hos et flertall av "grenseverdier" gjennom årene. Slike "nedsettelse" skjer p.g.a. de informasjonen som i årets løp kommer inn fra så å si hele den industrielle verden til komitéen - med andre ord: på grunn av rapporter og iakttagelser vedr. skader (helsepåvirkninger) oppstått under arbeide i en atmosfære hvis forurensning med angjeldende substans har ligget under eller like inntil den tidligere anbefalte "grenseverdi" ! Dertil kommer at de i listene angitte verdier bare gjelder under forutsetning av at luften ikke er forurenset med flere enn en av de listeførte substanser ! Ved substansblandinger, og dette er den alminnelig industrielle situasjon, kan

de angitte tall ikke nyttes. Man må da regne seg til en "blandingsgrenseverdi" under hensyntagende til aktuelle stoffers angreps- og virkningsmekanisme i organismen.

En sammenligning av verdiene fra den (med små forandringer) også i de fleste europeiske stater nyttede liste over "Threshold Limit Values" (tidligere "Maxim. Allowable Concentrations" = M.A.C.) fra "Conference of Governmental Industrial Hygienists / C.G.I.H." med, f.eks. verdiene fra Sovjet-Unionen, viser at disse gjennomgående ligger lavere, tildels endog meget lavere enn de amerikanske verdier. I Sovjet-Unionen nytter man til vurderingen stoffenes virkning på visse betingede reflekser. Læren om disse betingede reflekser ble som kjent utformet av Iván Páwlow (1849-1936) som i 1904 fikk Nobelprisen for sine banebrytende undersøkelser. Antagelig kommer man etter hvert til å samarbeide de forskjellige synspunkter slik at man vil få en felles plasttform for fastsettelsen av "yrkeshygieniske grenseverdier".

Når man idag - til tross for vårt ennå utilstrekkelige viten om forskjellige substansers mulige skadevirkninger - kan holde situasjonen noenlunde under kontroll, skyldes dette de stadig økende krav til effektive ventilatoriske og personlige sikringstiltak. Men alle disse tiltak vil alltid forbli utilstrekkelige med mindre det samtidig drives en vedvarende og omfattende skolering av arbeidstagere, vernetjenesten og de tekniske ledere (inklusive innkjøpsavdelingens folk i hvis papirkurver en hel del vesentlige informasjoner forsvinner sammen med annet "overflødig papir").

"Kjemisk betingede skader" kan ikke elimineres noenlunde tilfredsstillende uten alle parter helhjertede personlige innsats. Ingen vet hva morgendagen kan bringe av "nye industrielle løsemidler" og alle må være klar over at "yrkeshygieniske sannheter" har en atskillig kortere levetid enn Ibsens berømte "borgelige sannheter" (20 år?).

"Løsemidlene" kan påvirke organismen på flere måter, 1) ved hudkontakt - 2) ved innånding av "dampene".

Da samtidig organiske løsemidler er sterkt fettløsende, vil huden bli avfettet ved hudkontakt. Samtidig mister den visse beskyttende anti-bakterielle stoffer. Slik tørr og sprø hud har lett for å få rifter og småsår hvor bakterier vil kunne starte en infeksjon.

Det finnes et flertall av løsemidler som kan opptas tvers igjennom uskadd hud. Derved vil vedkommende substans komme inn i organismen. Slike substanser er i listen merket med "Hud". Det har forekommet helseskader hvor denne "penetrasjon" har spilt en langt større rolle enn selve innåndingen av "dampene".

Både faste og flytende substanser har som kjent et temperatur-avhengig "damptrykk", d.v.s. at det vil gå over i gassform ("damp", vapor, vapeur, Dampf) inntil luften er blitt "mettet" med angjeldende damp. Denne "metningskonsentrasjon" vil man kunne finne like over vedkommende substans' overflate i stillestående luft. Avhengig av diffusjonen samt luftbevegelsen vil "dampene" etter hvert spres over hele rommet. "Metningskonsentrasjonen" vil bare kunne utvikle seg i lukkede rom, f.eks. silo, tanker, kloakkum, kanaler o.l. Selv i disse rom vil man aldri komme opp i "100 %-damp" med mindre substanser er oppvarmet til kokepunktet. Mange "mettede" damp-luftblandinger er tyngre enn luft (luft = 1), et forhold man skal ha i mente ved montering av avsugningsanlegg. Men det er feilaktig å tro 1) at slike blandinger synker til gulvet slik at de vil bli liggende der og 2) at man derfor ikke trenger avsug ! Det er også misvisende å operere med den sp.v. til 100 %-ige damper, når angjeldende substans ikke er opphetet til kokepunktet. Ved blandinger av flere løsemidler kan "damptrykket" ved den aktuelle temperatur beregnes ut fra komponentenes partialtrykk under hensyntagende til blandingens sammensetning uttrykt i mol-%.

Helt anderledes ligger forholdene ved substanser som kan danne såkalte "Azeotroper". Her risikerer man bl.a. at det kan utvikle seg blandinger hvor konsentrasjonen av en eventuelt sterkt toksisk substans er langt større enn tilfellet vil være hos en non-azeotropisk blanding med denne komponent. Denne mulighet av en hurtig fordampning av et toksisk stoff p.g.a. et azeotropisk minimum, med utvikling av store dampkonsentrasjoner på et bestemt arbeidstrinn, hører til de situasjoner man yrkeshygienisk er lite glad i, spesielt ved arbeidsprosesser hvor det er nærmest utelukket å nytte effektivt avsug. Som eksempel nevnes avdunsting fra store overflater som er påført maling, lakker og limstoffer. Ved slike arbeidsprosesser har det hittil ikke lyktes å nytte den ellers meget virksomme "Ventilation of the toxical point". I motsetning til så mange andre faste arbeidsplasser har malere og tapetserere en mobil arbeidsplass som krever ganske andre problemløsninger enn dem man er kommet frem til for de faste arbeidsplasser.

Dampene fra fettløsende organiske løsemidler er prinsipielt bedøvende i større konsentrasjoner (Meyer-Overtons narkoseteori fra 1898 og 1904). Narkosen er en ikke-fysiologisk tilstand som bare kan til-lates fremkalt under full medisinsk kontroll. Det er også ganske betenkelig å fremkalle pre-narkotiske tilstander slik som man kan se dem etter innånding av løsemiddeldamper i mindre konsentrasjoner i form av hodepine, "susethet", kvalme, nedsatt vurderingsevne (feilgrep under arbeide) samt eventuell oppspilthet og krakilsk adferd. Slike tilstander vil ikke bare kunne resultere i dårlig arbeide og manglende påpasselighet, men også i direkte arbeids-ulykker. Dertil kommer ettervirkninger i form av ødelagt fritid m.m.

Dampene opptas gjennom lungene og går over i organismen. Enkelte substanser utskilles uforandret med urin, mens andre blir gjenstand for kjemiske forandringer i kroppen. Substansenes virkning kan skyldes både selve den uforandrede substans og/eller "stoffskifte"-produkter ("metabolics"). Utskillelsen kan også skje gjennom lungene. Et velkjent eksempel herpå er kloroformlukten som kunne vare i flere døgn hos personer som hadde vært under kloroformnarkose. Et lignende fenomen kan man iaktta hos personer som har innåndet bensindamper i større konsentrasjoner. Enkelte løsemidler blir uten tvil "deponert" - og det kan ta ganske lang tid før depotet er tømt igjen (ca. 3 uker for trikloretylen. Pasienten utskiller triklor-eddiksyre i urinen som bestemmes med Fujiwara's reaksjon).

En rekke løsemiddeldamper vites å kunne angripe forskjellige organer. Dette gjelder både for akutte forgiftninger ved store dampkonsen-trasjoner samt mere langvarige "påvirkninger" under arbeide i en atmosfære hvis dampkonsentrasjoner ligger over de respektive grense-verdier. Utover det finnes løsemidler hvis damper nedsetter alkohol-toleransen meget sterkt når man har blitt eksponert for dem i util-latelige konsentrasjoner. Det må påpekes at "påvirkningen" ved løsemiddeldamper kan gjøre en person helt uskikket til å føre motorkjøretøy (samt å sykle !). Antagelig gjør vedkommende seg også straffskyldig. Under alle omstendigheter er det en uhyrlighet å forsøke å "reparere" en løsningsmiddel-betinget hodepine, susethet, etc. med "litt alkohol" før man starter på hjemveien med sin bil e.l. Eventuell "reparasjon" av hodepinen etc. skal foretas etter at man er kommet hjem !

Ved siden av fordampningen av løsemidler har man også forstøvningen ved hjelp av sprøytepistol. Ved denne prosess utvikles både "damp" og "tåke" ("Aerosol"). På grunn av de fine væskedråpenes store overflate i "tåken", vil fordampningen skje ganske fort, men heller ikke her fordamper mere væske enn svarende til angjeldende damptrykk og temperatur. Den sterke lufthvirveldannelse som samtidig er tilstede vil imidlertid påskynde spredningen av dampene i arbeidslokalet. Ved innånding av "Aerosolet" (uten effektiv maske e.l.) vil væskedråpene bli frafiltrert i nesen, mens dampene, som sedvanlig når helt ned til lungenes fineste forgreninger. Det som er blitt igjen i nesen (og svelgrommet) vil irritere neseslimhuden, en del vil svelges ned, og en del fordamper igjen fra neseslimhinnen.

Brannteknisk skilles mellom ildsfarlige og ikke-ildsfarlige løsemidler. Som rimelig er, anbefaler brannvesenet bruk av ikke-ildsfarlige løsemidler for alle arbeidsprosesser hvor disse gjør samme nytte som de ildsfarlige typer. Kjemisk sett hører de her aktuelle ikke-ildsfarlige stoffer til de såkalte klor-hydrokarboner som yrkeshygienisk er karakterisert ved sin sterke narkose-effekt. Enkelte av klor-hydrokarbonene er utpreget toksiske (lever, hjerte), f.eks. karbontetraklorid og 1,1,2,2-tetrakloretan. Ved innånding av dampene i større konsentrasjoner er det hos flere av disse substanser iaktatt nyre-, leverskader samt nervelammelser. Dessuten spaltes mange klor-hydrokarboner i berøring med "varme" i saltsyre (som er sterkt lungeirriterende) og fosgen (lungegift). Alt dette gjør at man ved arbeide med disse substanser må bruke meget effektive avsug og mekanisk frisklufttilførsel. (Se ellers: Rundskriv nr. 218 fra Direktoratet for Statens Arbeidstilsyn). Det er ganske stor forskjell mellom enkelte av disse klor-hydrokarbon-løsemidler in puncto "giftighet" ("toxicity"), men ingen av dem er "nærmest ufarlig" - samtlige vil i litt større konsentrasjoner kunne bli farlige. Her er det på sin plass å gjøre oppmerksom på at de yrkeshygieniske grenseverdier ikke uten videre kan tas som uttrykk for "giftigheten" hos de angjeldende substanser. Og det er absolutt utilbørlig å bruke grenseverdiene som innbyrdes sammenligningsgrunnlag for 2 eller flere stoffers "giftighet".

Den amerikanske fagkomité henviser spesielt til dette forhold, men ikke desto mindre forekommer det fremdeles forsøk på misbruk av grenseverditallene i salg-og reklamevirksomhet. En rekke grense-

verdier er fastlagt p.g.a. den irriterende effekt som angjeldende "damper" kan ha på øynene og åndedrettsorganene. Slike verdier kan ligge langt under de toksiske eller narkotiske konsentrasjoner. Hos stoffer uten alarmerende irritasjonseffekter vil man være nødt til å nytte andre synspunkter for fastleggelsen av en forsvarlig yrkeshygienisk grenseverdi.

Man bør også erindre at "metningskonsentrasjonen" spiller en ganske vesentlig rolle. Ved å sammenligne "metningskonsentrasjonen", f.eks. ved $+20^{\circ}\text{C}$ hos enkelte stoffer med de tilhørende grenseverdier, vil man se at disse grenseverdier alltid bare er en beskjedent brøkdel av metningskonsentrasjonen. Det vil med andre ord si at selv en tilsynelatende stor yrkeshygienisk grenseverdi meget snart vil være overskredet uten samtidig bruk av effektive ventilatoriske sikringstiltak.

Kjemisk sett hører de organiske løsemidler til mange forskjellige grupper i den organiske kjemi. I alminnelighet vil det bli tale om følgende grupper:

1. Alkoholer: Metanol, Etanol, Propanol, Butanol.
2. Estere: Metylacetat, Etylacetat, Butylacetat, Cellosolveacetater.
3. Ketoner: Aceton, Metyl-Etylketon (MEK), Butanon, Metyl-isobutylketon (MIK), (Heksan), m.m.
4. Etere: Cellosolve-Solvent, Metyl-Cellosolve, Butylcellosolve m.m.
5. Hydrokarboner, alifatiske: Bensiner, White-spirit o.l.
6. Hydrokarboner, aromatiske: Bensol (meget giftig), Toluol, Xylol, høyere "aromatica".
7. Nitro-hydrokarboner, alifatiske (Nitroparafiner): Nitro-etan, Nitro-propan-1, Nitro-propan-2.
8. Halogen-hydrokarboner (ikke brennbare substanser): Trikloretylen, Perkloretylen, kloroform, 1,1,1-trikloretan (Metyl-kloroform, Chlorothene NU, Genclene), karbontetraklorid (meget giftig), Dikloretylen (cis,trans), Mono-klor-bensol.
9. Hydrerte aromater og Ali-cykliske hydrokarboner: Tetralin-, Dekalin-, samt Heterocykliske forbindelser.

Dertil kommer en rekke blandinger av disse stoffer. Både for bedriftenes vernetjeneste og for Y.H.I. ville arbeidet med sikring av arbeidsplassen være betydelig lettere hvis både blandingene og en rekke av enkelt-stoffene ble korrekt etikettert resp. korrekt deklarerert. Dessverre finnes det fremdeles en lang rekke substanser og substansblandinger som utelukkende selges under fantasinavn og/eller med kodebetegnelser. Endog så trivielle substanser som trikloretysten og karbontetraklorid figurerer med et flertall av rene fantasinavn, (f.eks. "Bensinoform" for karbontetraklorid). Dessuten selges en rekke produkter utelukkende med utenlandsk teksting. Det minste man bør kunne forlange er enstydig norsk tekst og korrekt deklarasjon, trykket i tydelig skrift. Tekster i små bokstaver kan ikke påregnes å bli lest. Henvisning til patenter og hemmelige resepter er for løsemiddelblandinger o.l. ganske irrelevant etter at de moderne selektive gasskromatografiske analysemetoder er tatt i bruk verden over. Den tid og det personale som nå brukes:

- 1) til å verifisere innhentede konfidentielle opplysninger og
- 2) til å gjennomføre første gangs analyser av varer uten deklarasjon,

ville med fordel kunne nyttes på andre sektorer av løsningsmiddelområdet, f.eks. til hyppige og hurtige kontrollundersøkelser av arbeidsluften på norske arbeidsplasser. Dette trengs i høy grad. Verst av alt er den "negative" etikett. På en utenlandsk beholder var det festet en liten informasjons-folder hvor det var anbefalt "Adequate Ventilation" (hva nå dette måtte bety !) og det ble advart mot innånding av dampene. Samtidig ble det opplyst at varen "ikke inneholder karbontetraklorid". Denne siste opplysning virket tydeligvis så beroligende på konsumenten at de øvrige nevnte informasjoner ikke ble tatt hensyn til i større utstrekning. Heller ikke obdusenten som skulle foreta en grundig undersøkelse av avdøde for å bringe dødsårsaken på det rene, synes å ha kunnet tenke seg at produktet kunne inneholde andre mer eller mindre farlige klorhydrokarboner. Alle synes å ha vært trollebundet av opplysninger om at det meget giftige og fryktede karbontetraklorid, ikke forekom i angjeldende vare. Våre flere ganger gjentatte analyser viste at produktet var en blanding av white-spirit og et hyppig nyttet klorhydrokarbon hvis damptrykk ved + 20°C er ganske betydelig. Produktet skal nyttes i kombinasjon med en sprøytepistol.

Det er en utbredt misforståelse at det skulle være tale om "hundrevis" av løsemidler og at det derfor skulle være uråd å kartotekføre dem - dette i hullkortsystemets århundre ! I realiteten er

det et begrenset antall substanser som er aktuelle, selvsagt kan de blandes i mange forhold, men hverken deklarerer eller kartotekføring vil by på de store vanskeligheter som etter ikke-fagfolkenes usakelige påstander skulle stille seg i veien for endelig en gang ad administrativ vei å tvinge gjennom en omfattende deklarasjonsplikt. Foredragsholderen er av den oppfatning at de utgifter som en kgl. resolusjon eller en lov i denne sak ville medføre for det offentlige, bare er en brøkdel av de beløp som ved sykemeldinger p.g.a. "påvirkninger", må utbetales av sykekassene - for ikke å tale om tappt arbeidsfortjeneste.

Det er ikke forbausende at det på atskillige arbeidsplasser råder en konstant følelse av usikkerhet og at man meget ofte blir konfrontert med spørsmål vedr. "giftighet" og "forgiftningsrisiko", senest i det øyeblikk hvor en "ny" vare med uforståelige kode-nummer og utilstrekkelig teksting blir tatt i bruk. Riktignok gjelder fremdeles de berømte ord som ble nyttet av Paracelsus von Hohenheim (1493-1541) "Dosis sola facit venenum". Paracelsus har selv i en senere utgave av sine verker på tysk formulert det slik: "Alles ist Gift und nichts ist ohne Gift - Die Menge allein bestimmt ob ein Ding giftig ist". Men da må man dog vite hva dette "Ding" er ! Ellers blir det vanskelig å anviser de korrekte sikringstiltak samt å kunne fjerne den følelse av usikkerhet for ikke å si "latente angst" som finnes hos mange arbeidstagere. I kjemiens århundre bør Legislativen avpasses til situasjonen som kjemikalienes herredømme i produksjonen har skapt. Men atomangsten synes å overskygge alt. Som kjent har man på dette område fulgt meget godt opp i lovgivningen.

Til nærmere orientering er det idag for hver deltaker stillet til disposisjon en "Liste over Yrkeshygieniske grenseverdier". Dessuten følger 2 tabeller over "Metningskonsentrasjoner" og "Eksplisjonsgrenser" samt et særtrykk vedrørende "Merkingen". Disse tabeller skal utelukkende tjene som "orientering", de er på ingen måte uttømmende. Deres oppgave er utelukkende ment å mane til ettertanke. Til hjelp for alle dem som er interessert i faglitteratur på dette område, har Yrkeshygienisk Institutt utarbeidet en liste over håndbøker og veivisende litteratur som instituttet p.g.a. sin egen erfaring mener å kunne anbefale. Også denne liste er vedlagt det informasjonsmateriale som er stilt til disposisjon.

Det er selvsagt utelukket å gå gjennom hele grenseverdilisten i dette foredrag. Ved hjelp av noen få utvalgte eksempler skal man i det følgende forsøke å peke på enkelte aktuelle løsningsmiddelproblemer.

1. Alkoholer: Av de aktuelle alkoholer står metanol i en særklasse. Innånding av dampene kan gi samme lammelser (nerveskader) som ved drikking av metanol. "Metanolforgiftninger" skyldes både selve metanolemolekylet og de dannede stoffskifteprodukter formaldehyd og myresyre. Det er beskrevet et flertall av dødelige forgiftninger ved innånding av metanoldamper. Johnston & Miller (Occupational Diseases and Industrial Medicine) sier: "In industry, the toxic action usually will have been produced by absorption through the skin or by inhalation". I motsetning til etanol virker metanol ikke øyeblikkelig (immediately) toksisk, men i lengden er metanol mere skadelig ("harmful") p.g.a. den sene utskillelse som igjen muliggjør en viss depot-dannelse.

Man kan ikke ut fra erfaringen med metanol trekke analogi-slutninger hverken til etanol eller andre her aktuelle alkoholer. Etanol, f.eks., utskilles meget fortere enn metanol, og det dannes ingen giftige stoffskifteprodukter under oksydasjonen av etanol i organismen (fortrinnsvis leveren).

Amylalkohol ansees for å være meget "toxic", mens dampene fra enkelte andre alkoholer er lettere irriterende, men ikke "toxic" i vanlig mening.

Det kan også være stor forskjell i giftigheten avhengig av eksposisjonsmåten: Allylalkoholdampene er sterkt irriterende, men bare måtelig akutt toksisk.

Allylalkohol regnes for å være meget toksisk ("high toxicity") ved direkte hudkontakt (hudabsorpsjon), mens dampene som i og for seg er sterkt irriterende, bare har en moderat akutt giftighet. Det samme er tilfelle ved nedsvelgning av substansen.

2. Estere er "vel kjent" for sin bedøvende virkning, og det hevdes i litteraturen at majoriteten av de aktuelle løsningsmiddel-estere er non-toksisk. Dette betyr ikke på noen måte at man kan neglisjere dampenes irriterende og sløvende effekt. Det må igjen påpekes at "giftighet" ("toxicity") og "narkotisk virkning" er to helt forskjellige begrep. Begge to spiller hver for seg og eventuelt i fellesskap en avgjørende rolle for yrkeshygienisk korrekt vurdering av en arbeidsplass-situasjon. En rekke estere vil eventuelt først ved høyere temperaturer utvikle irriterende damper, mens deres "aerosoler" ved bruk av sprøytepistol kan irritere slimhinnene samtidig med at "tåken" legger seg på hud og arbeidsklærne.

3. Ketoner: Dampene er både irriterende og sløvende. Det er sett kvalme, omtåkethet og full narkose. Heller ikke hos ketoner har det lyktes å finne frem til en direkte relasjon mellom molekylærstruktur, molekylstørrelsen og de fysiologiske virkninger. Ketonene er irriterende og narkotiske, dessuten er det sett nyre-skader ved innånding av større dampkonsentrasjoner. I henhold til litteraturen er det hos ketonene "some tendency to kidney damages, especially among the higher members of the series". Cykloheksanin / $(\text{CH}_2)_5: \text{CO}$ / skal kunne angripe lever og nyrer ! Det samme gjelder for Metyl-Cykloheksanon.

4. Etere: De forskjellige "Cellosolve"-typer er delvis ganske flyktige ved alminnelig temperatur, mens andre først ved oppvarming utvikler større dampkonsentrasjoner. De er lite irriterende ved hudkontakt, men vil lett kunne bli absorbert gjennom huden i store, eventuelt dødelige mengder. Dette må man ha i mente ved forstøvning av disse stoffer ved pistolsprøyting. Et flertall av "Cellosolve"-produktene i denne gruppe kan skade nyrene, hjernen, blodet (blodbilde-forandringer). Det finnes ingen fast regel som gjelder per analogiam for stoffene av denne type, bortsett fra at man alltid skal informere seg meget inngående før arbeidsprosessen settes igang.

5. "Bensin" var lenge en forholdsvis konstant blanding av alifatiske hydrokarboner, hvis fysiologiske og toksikologiske egenskaper er velkjent. Det var derfor mulig å fastsette en grenseverdi for "gasoline" (500 ppm). Men denne verdi er nu blitt tatt ut av listen under henvisning til det forhold at sammensetningen har begynt å vise store variasjoner. Under A-6 sier komitéen: "Det er derfor ikke lenger mulig å anvende en grenseverdi for alle de forskjellige

bensintyper. Det er aromatinholdet som vil bestemme grenseverdien, og det vil derfor bli nødvendig å bestemme mengden av bensen (bensol), av andre aromater og tilsetninger ellers før man kan angi en passende grenseverdi".

Under disse forhold må det utvises meget stor forsiktighet under arbeide med "bensiner" av ukjent sammensetning. Som nettopp nevnt, kan det være tale om bensen-tilblandinger til bensin. En mengde av inntil 3% bensen er tidligere blitt ansett for normal i alminnelig bensin, samtidig med at man anså en slik konsentrasjon på 3 % (andre har regnet med 5 % maksimalt) som yrkeshygieniske ubetnelig. Større bensenkonsentrasjoner i en løsemiddelblanding har alltid vært deklarasjonspliktig av hensyn til den store giftighet som kjennetegner bensen (bensol). - "Håndvask" med bensin som inneholder bensen (bensol) og/eller bly-tetraetyl resp. bly-tetra-metyl, må ikke forekomme.

White-spirit o.l. produkter vil ved litt høyere temperaturer (f.eks. + 30°C) kunne utvikle dampkonsentrasjoner som er eksplosjonsfarlig. Dampene er irriterende, i større konsentrasjoner sløvende.

6. Av de aromatiske hydrokarboner er det spesielt bensen, toluen og xylenene som er av interesse, dessuten vinyl-bensen (mono-styren) og etylbensen. Bensen (bensol) er allerede blitt omtalt i samband med bensin. Det skal bare påpekes at de eventuelt dødelige blodbildeforandringer som bl.a. er iaktatt ved eksposisjon til bensen-damper, ikke blir fremkalt av toluen resp. xylen-damper. Disse forandringer er altså spesifikke for bensen og man kan ikke dra analogislutninger fra bensen til homologene toluen, xylen og etylbensen, eller omvendt. Dampene fra de homologe forbindelser er irriterende og bedøvende, men de blodbildeforandringer som tidligere ble sett ved eksposisjon til toluen og xylol viser seg å skyldes forurensning av substansene med bensen (bensol). Det er derfor av avgjørende betydning at man ved innkjøp alltid får garanti (analyseattest) for stoffenes renhet - de må være fri for bensen (bensol).

7. Nitro-hydrokarboner (nitro-parafiner). Substansene er karakterisert ved grupperingen - C-NO₂, den generelle formel er C_nH_{2n} + 1 NO₂. Det er fortrinnsvis 1-nitropropan og 2-nitropropan som interesserer her. Dampene er lettere irriterende (åndedretsorganer), i større konsentrasjoner er de narkotiske. Ved forsøk på katter er det (ved ca. 800 ppm) sett alvorlige leverskader, samt mere

moderate nyre-og hjerteskaader. 1-nitropropan regnes for å være den mest toksiske i rekken: nitro-metan, nitro-etan, nitro-propan. Hudkontakt med disse væsker bør unngås p.g.a. avfetting, men stoffene angis ikke å irritere huden, heller ikke opptas de tvers igjennom huden. Grenseverdiene for de to nitropropaner er 25 ppm = 90 mg/m³.

8. Klor-Hydrokarboner: Samtlige her omtalte substanser er sterkt narkotiske. Deres "giftighet" varierer betydelig fra substans til substans. F.eks. er 1,1,2-triklorethan betydelig mere "toksisk" enn 1,1,1-triklorethan (metylkloroform, "Chlorothene NU", "Genclene"). Grenseverdien for førstnevnte substans er bare 10 ppm mot 350 ppm hos metylkloroform. Den garanti for renhet som de forskjellige produsenter av 1,1,1-triklorethan gir, gjelder utelukkende for deres egen vare. Metylkloroform av ukjent opprinnelse bør man være forsiktig med. Et av de store problemer under fremstilling av 1,1,1-triklorethan var å finne frem til en helt effektiv atskillelse fra det samtidig dannede, "giftige" 1,1,2-triklorethan - Karbontetraklorid ! Karbontetraklorid er meget giftig (leverskaader). På grunn av dampenes narkotiske virkning må det nyttes effektive ventilatorisk sikrings-tiltak under arbeide med alle de her aktuelle produkter. Metylenklorid har en metningskonsentrasjon av 45,9 vol% - dette betyr at oksygen-konsentrasjonen i en slik damp-luftblanding bare er 11,3 vol% ! I berøring med varme, spaltes disse klor-hydrokarboner i saltsyre, eventuelt under samtidig utvikling av fosgen (lungegift). En lignende spaltningsprosess får man også ved ultraviolet bestråling av substansene, både som væske og i dampform.

9. Hydrerte ringforbindelser: Til visse arbeidsoperasjoner nyttes tetrahydronaftalin (Tetralin), en væske med gjennomtrengende "damp"-lukt (Kp. 207°C). Metningskonsentrasjonen ved + 38°C er 0,13 vol% (1316 ppm), ved + 94°C : 2,63 vol% (26300 ppm). Innånding av dampene i større konsentrasjoner fremkaller sterk hodepine, tretthet, søvnighet og samtidig irriteres luftveiene (hoste, nasotracheobronchitis). Dessuten er det iaktatt øyehinnebetennelse (conjunctivitis). Urinen kan få en gressgrønn farge, samtidig med at det eventuelt foreligger en nyreirritasjon (nephretic irritation). Ved dyreforsøk er det konstatert nyre-og leverskaader. Som grenseverdier er det blitt foreslått 25 ppm, men tetralin står hittil ikke i listen over yrkeshygieniske grenseverdier. Det er ellers forholdsvis få opplysninger i faglitteraturen til tross for at tetralin har funnet ganske stor anvendelse som løsemiddel for voks, fett, skokremer,

malinger m.m. Etter forfatterens personlige erfaringer med tetralin, er dampenes virkning ytterst ubehagelig og det må nyttes effektive ventilatoriske sikringstiltak under arbeide med substansen. Dertil kommer bruk av tettsittende briller eller ansiktsskjerm, hansker av resistent materiale og ditto plastforkle. Personer med nyrelidelser må ikke settes til arbeide med tetralin.

Dekalin (Dekahydronaftalin). Handelsvaren er en blanding av "cis" og "trans"-dekalin, (med 40 % - 100 % transdekalin). Metningskonsentrasjonen for "cis"-formen er 0,83 vol% ved + 31°C og 1,2 vol% ved + 65°C. De tilsvarende verdier for "trans"-formen er 0,24 vol% ved + 20°C og 1,06 vol% ved + 61°C. På grunn av dyreforsøk er 25 ppm blitt foreslått som grenseverdi. Heller ikke "Dekalin" er hittil opptatt i listen. Hudkontakt kan føre til dermatitis. Dampene fremkaller omtrent de samme symptomer som tetralin (bl.a. en infam hodepine). Det bør nyttes samme sikringstiltak som for tetralin. Industrielt nyttes hyppig en blanding av tetralin og dekalin, slik at den allerede omtalte grønnfarging av urin, også er blitt sett hos dekalin-eksposisjoner, dog med den forskjell at farven skulle være blå-grønn.

Tetrahydrofuran kan også oppfattes som "cyclisk eter". Substansen har fått et ganske stort bruksområde. Det er en lettflyktig væske med kp. + 65,5°C. Metningstrykk ved + 20°C er 17,8 vol% (177660 ppm). Dampene er irriterende og i større konsentrasjoner narkotiske. Innånding av dampene kan fremkalle meget kraftig hodepine. Forskjellen mellom den narkotiske konsentrasjon (over 25 vol% i dyreforsøk) og den dødelige konsentrasjon er nokså liten. Professor H.Oettel (BASF) som har studert tetrahydrofuran inngående, sammenligner virkningen av tetrahydrofuran med etyleters virkning og betegner den rene substansen som "biologisk ufarlig", resp. som et av de minst farlige løsemidler. De tidligere påviste lever- og nyreskader skyldes forurensninger av det syntetiske produkt. Grenseverdien er 200 ppm (0,02 vol%). Den vil gi beskyttelse mot irritasjon samt mot narkotiske og organpåvirkninger (systemic effects)! Vær oppmerksom på at tetrahydrofuran i likhet med etyleter danner peroksyder som er eksplosive og som fjernes (akkurat som hos peroksydholdig eter) før destillasjonen.

Også 1-4 Dioxan (Dietylen-dioksyd) kan oppfattes som en cyclisk eter. Substansen kom for ca. 30 år siden første gang på markedet i Norge. Den ble dengang ansett for å være helt ufarlig. Idag er grenseverdien 100 ppm og det advares mot hudkontakt. Lukten som er "frukt-aktig" vil ikke kunne advare en mot livsfarlige konsentrasjoner. Dampene er bare svakt irriterende for øynene og nesen, og irritasjonen er forbigående. Dyreforsøk viser nyre-og leverskader både ved inhalasjon og ved opptagning tvers igjennom huden. I faglitteraturen advares mot "possibility of chronic poisoning from carelessness in the use of this chemical".

Grenseverdien antas å kunne forhindre "systemic poisoning". Samtidig har verdien en god sikkerhetsmargin. At en så flyktig substans bare kan håndteres under anvendelse av effektivt av sug og korrekt personlig sikkerhetsutstyr (hudpleie m.m.), vil si seg selv.

Også dioxan (1 - 4) danner peroksyder ! Det var å ønske at det ble utvist litt mere omtanke ved bruk av 1-4 dioxan enn tilfellet er idag, spesielt i laboratoriene.

Avsluttende tør Y.H.I. be om at alle som ønsker hjelp, råd og veiledning i yrkeshygieniske spørsmål, henvender seg til oss når som helst. Praktisk talt alt arbeide vi utfører er gratis - hvilket dog ikke betyr at instituttets budsjett er av den størrelse som vi ut fra vår mangeårige erfaring i norsk arbeidsliv - ville anse som tilfredsstillende.

Følgende trykksaker følger med teksten til dette foredrag:

1. Liste over yrkeshygieniske grenseverdier 1968.
2. Tabell over "metningskonsentrasjoner".
3. Tabell over "eksplosjonsgrenser".
4. Litteraturliste vedr. Sikkerhetsspørsmål i laboratorier.
5. "Merkeplikt" - et påtrengende yrkeshygienisk krav.

TABELL 1

Navn	Metningskonsentrasjon angitt i		Yrkeshygieniske grenseverdier i ppm
	vol% (ved +20°C)	ppm ^x	
<u>ALKOHOLER:</u>			
Etylalkohol (Etanol)	5,74	57400	1000
Metylalkohol (Metanol) meget giftig	12,63	126300	200
Propylalkohol, iso (Propanol -2)	4,2	42112	400
<u>ESTERE:</u>			
Cellosolveacetat	0,16 (→0,23)	1579	100
Etylacetat	9,57	95700	400
Metylacetat	22,9	229000	200
<u>KETONER:</u>			
Aceton	23,69	236880	1000
2-Butanon (Metyl-Etyl-Keton)	9,3	93000	200
Metyl-isobutyl-keton	0,72	7200	100
<u>HYDROKARBONER, alifatiske</u>			
<u>Bensiner, som:</u>			
Pentan	56,6	566000	1000
Heksan	15,6	156000	500
Heptan	4,7	47000	500
Oktan	1,4	14000	500
<u>HYDROKARBONER, aromatiske</u>			
Bensen (Bensol) meget giftig	9,82	98200	25
Toluen (Toluol)	2,93	29300	200
Xylen(er), Xyloler	0,66-0,77	6600-7700	100
Terpentin (whitespirit, mineral- terpentin, Stoddard sol- vent)	0,4 ¹⁾	4000 ¹⁾	500
<u>FENOLER:</u>			
Fenol (Carbolic acid)	0,026	260	5
Kresolene, orto	0,0323	323	5
(crecylic-acid), meta	0,0201	201	5
(crecylic-acid), para	0,0142	142	5

x) 10000 ppm = 1 vol%

1) Varierer med sammensetningen. Verdien er tatt fra
"Shell Hydrocarbon Solvents", p.24

(Forts...)

TABELL 1 - forts.

	Metningskonsentrasjon angitt i vol% (ved +20°C) ppm ^{x)}		Yrkeshygieniske grenseverdier i ppm
<u>KLOR-HYDROKARBONER:</u>			
Dikloretylen (cis.trans)	27,4 (cis)	274000	200
	42,5 (trans) ²⁾	425000	
Kloroform	21	210033	50
Metylenklorid (Diklormetan)	45,9	459000	500
Metylkloroform (1,1,1-Trikloretan)	13,16 16,7 ²⁾	131600 167000 ²⁾	350 ³⁾
1,1,2-Trikloretan	2,5	25004	10
Tetrakloretylen (Perkloretylen)	1,8	18421	100
Tetraklorkullstoff (Karbontetraklorid) meget giftig	11,97	119700	10
Trikloretylen ("Tri")	7,9 9,61 ²⁾ (10,20) ⁵⁾	79000 96068 ²⁾	100 ⁴⁾

x) 10000 ppm = 1 vol %

1) Varierer med sammensetningen

2) Ved +25° C (Patty)

3) Vest-Tyskland: 200 ppm

4) Norge: 10 ppm - 15 ppm

5) etter andre kilder

TABELL 2

Navn	Nedre eksplosjons- grense i vol %	Øvre eksplosjons- grense i vol %	Yrkeshygienisk grenseverdi i	
			ppm	vol% x)
<u>ALKOHOLER:</u>				
Etylalkohol	3,28	19	1000	0,1
Metylalkohol	6,00	36,5	200	0,02
Propylalkohol, iso	2,15	13,5	400	0,04
<u>ESTERE:</u>				
Cellosolveacetat	1,7	-	100	0,01
Etylacetat	2,18	11,5	400	0,04
Metylacetat	4,1	13,9	200	0,02
<u>KETONER:</u>				
Aceton	2,15	13,0	1000	0,1
2-Butanon (Metyl-Etyl-Keton)	1,81	11,5	200	0,02
Metyl-isobutyl-keton	1,4	8	100	0,01
<u>HYDROKARBONER, alifatiske</u>				
n-Pentan	1,4	8 (7,8)	1000	0,1
n-Heksan	1,25	6,9 (7,4)	500	0,05
n-Heptan	1	6 (6,7)	500	0,05
n-Oktan	0,95	3,2	500	0,05
<u>HYDROKARBONER, aromatiske</u>				
Bensen (Bensol)	1,4	8	25	0,0025
Toluol (Toluen)	1,3	7	200	0,02
Xyloler (Xylener) orto	1,0	7,6	100	0,01
meta	1,0	7	100	0,01
para	1,1	7	100	0,01
"Xylol" (isomer-blanding)	1	5,3 (7)	100	0,01

Opplysninger vedr. nedre og øvre eksplosjonsgrense varierer ganske sterkt i faglitteraturen.

x) 1000 ppm = 0,1 vol %